

# Étude de la nutrition en oligo-éléments du palmier à huile et du cocotier cultivés sur solutions nutritives

F. DUFOUR (1) et P. QUENCEZ (1)

**Résumé.** — La technique de culture en solutions nutritives du palmier à huile et du cocotier étant mise au point, des essais ont été menés pour tenter d'obtenir des déficiences en plusieurs oligo-éléments : bore, manganèse, fer, zinc, cuivre, molybdène. Des symptômes caractéristiques de carence ont été observés pour le bore sur palmiers et cocotiers et pour le manganèse et le fer sur les palmiers uniquement. Des déficiences en zinc et cuivre sur palmiers pénalisent très fortement la croissance, mais aucun symptôme caractéristique n'a été identifié. De même, aucune anomalie due à la carence en molybdène n'a été mise en évidence. L'observation des symptômes pour le diagnostic de la carence au champ est préceuse, entre autre pour le bore qui est l'oligo-élément le plus fréquemment déficient, à l'exception du fer et du manganèse dont les carences apparaissent sur les sols très particuliers d'origine corallienne.

## INTRODUCTION

Les techniques de culture en milieu liquide du palmier à huile et du cocotier mises au point sur la station I. R. H. O. de La Mé (Côte-d'Ivoire) et décrites dans un article précédent [1] permettent d'obtenir une croissance optimale.

L'élevage des plants en milieu liquide offre la possibilité de contrôler aisément et avec une grande précision la qualité et la quantité des éléments nutritifs mis à la disposition de la plante. Ceci rend possible, en particulier, l'étude de la nutrition en oligo-éléments.

Il faut préciser que la transposition au champ des résultats obtenus doit être faite avec précaution, d'abord parce que les essais ont été pratiqués sur des plants très jeunes (maximum 12 mois) et ensuite

parce que les mécanismes de la nutrition dans une solution et dans le sol peuvent être très différents (disponibilité, absorption préférentielle, blocage, transformation de la forme de certains éléments).

## I. — ÉTUDE DE LA CARENCE EN BORE

Quatre essais ont été mis en place pour étudier les effets de la carence en bore : 2 sur *Elaeis guineensis*, 1 sur hybride *E. melanococca* × *E. guineensis* (appelé dans la suite du texte : hybride *M* × *G*) et 1 sur cocotier.

**Essai 1.** — Sur *E. guineensis* : 6 traitements : doses de bore (ppm) dans les solutions nutritives (0,000 — 0,006 — 0,0646 — 0,646 — 6,460 — 64,600) ; 4 répétitions, 1 plant par objet.

|                             | Doses de bore (ppm) dans les solutions nutritives |       |         |         |         |         |       | Durée        |
|-----------------------------|---|-------|---------|---------|---------|---------|-------|--------------|
| 1 <sup>er</sup> temps ..... | 0,000   | 0,000 | 0,001 7 | 0,003 4 | 0,005 1 | 0,006 8 | 0,063 | 0-6 mois     |
| 2 <sup>e</sup> temps.....   | 0,000   | 0,063 | 0,001 7 | 0,003 4 | 0,005 1 | 0,006 8 | 0,000 | après 6 mois |

**Essai 2.** — Sur *E. guineensis* : 7 traitements effectués en 2 temps ; 6 répétitions, 1 plant par objet :

**Essais 3 et 4.** — 4 traitements : doses de bore (ppm) dans les solutions nutritives (0,000 — 0,002 — 0,006 — 0,2) ;

— essai 3 : sur cocotier hybride Nain Jaune × Grand Ouest Africain,

— essai 4 : 1 sur palmier hybride *M* × *G* ;

2 plants par objet dans chaque essai.

La composition des solutions nutritives en macro-éléments et en oligo-éléments autres que le bore, était celle citée dans le précédent article [1], de même que les techniques de culture.

Tous les essais ont été arrêtés à 12 mois environ (après la graine germée), du fait du développement trop important des plants témoins.

En fin d'essai, tous les plants ont été disséqués en feuilles, rachis, collet, racines primaires (I), secondaires (II) et tertiaires (III). Le poids sec a été déterminé après séchage pendant 24 h dans une étuve à 95 °C. Des échantillons de chaque organe ont également été prélevés pour déterminer les teneurs en macro-éléments N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, S et en bore.

## 1. — Observations des symptômes de carence et de toxicité.

Les symptômes de carence, observés sur *Elaeis guineensis*, présentent différents degrés de gravité selon la concentration en bore du milieu. La carence en bore agit surtout sur l'élongation foliaire.

### 1<sup>er</sup> stade :

— petites taches de forme peu définie, claires par transparence, en relief (écrasement du parenchyme), souvent disposées longitudinalement sur les folioles (Fig. 1) ;

(1) Station de La Mé, I. R. H. O., B. P. 13 Bingerville (Côte-d'Ivoire).

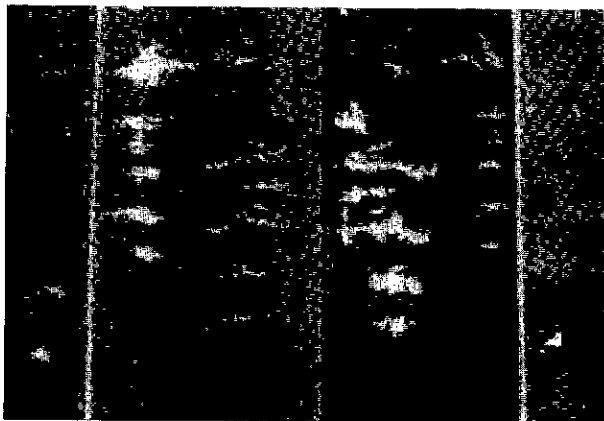


FIG. 1. — Symptôme précurseur de carence en bore : petites taches en relief, amincissement du parenchyme (Precursory symptoms of boron deficiency : small raised spots, thinning of the parenchyma).

### 2<sup>e</sup> stade :

- petites taches,
- réduction de l'élongation, épaissement des feuilles (Fig. 2) ;

### 3<sup>e</sup> stade :

- « little leaf »,
- feuilles anormales souvent réduites au rachis,
- absence d'élongation ; toutefois, le rythme d'émission foliaire est peu modifié sauf au stade ultime qui évolue très rapidement en une pourriture du bourgeon et à la mort du plant.

Le phénomène *little leaf*, en liaison avec la carence en bore du champ, est connu depuis longtemps, mais le stade précurseur *petites taches*, plus discret, a été retrouvé depuis en plantation de jeunes palmiers. L'observation de ces symptômes au champ permet donc de déceler très tôt une déficience en bore.

La figure 3 montre que la production de matière sèche des plants carencés est très réduite et que cette diminution s'opère surtout au détriment du feuillage. Cependant, l'état de carence n'est pas irréversible car un plant carencé a pu retrouver, après 1 ou 2 mois de



FIG. 2. — Symptôme sévère de carence en bore : réduction de l'élongation foliaire (Severe boron deficiency symptom : reduction in leaf elongation).

nutrition boratée suffisante, une élongation normale (Tabl. I ci-contre).

On observe sensiblement les mêmes symptômes pour l'hybride *M × G* et le cocotier à des niveaux de nutrition boratée comparables. Néanmoins, pour le cocotier, les taches observées ont un relief encore plus marqué et présentent une symétrie de forme et d'emplacement par rapport à l'axe médian des feuilles (Fig. 4).

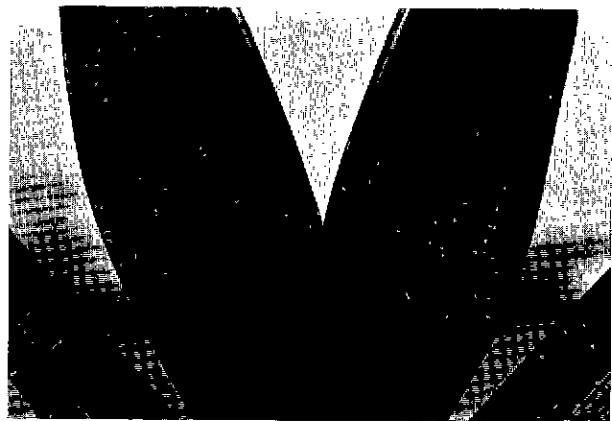


FIG. 4. — Symptôme précurseur de carence en bore sur cocotier : disposition symétrique des taches (Precursory symptom of boron deficiency on coconut : symmetrical lay-out of spots).

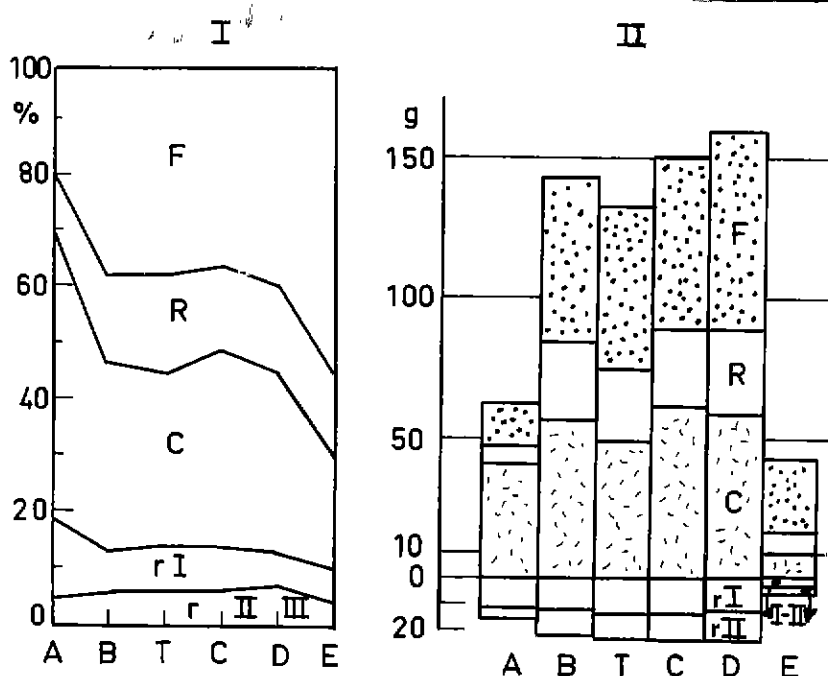


FIG. 3. — Diagrammes de la répartition en p. 100 de la matière sèche (I) et du poids sec en g (II) de l'essai 1 en fonction de la concentration en bore du milieu (Diagrams of the distribution in p. 100 of dry matter (I) and dry weight in g (II) of trial 1 in function of the boron concentration in the medium) :

A = 0ppm      C = 0,64  
 B = 0,006      D = 6,46  
 T = 0,064      E = 64,6

F = feuilles (leaves)  
 R = rachis  
 C = collet (collar)  
 RI, II, III = racines (roots)

TABLEAU I. — Essai 2 : Croissance en hauteur des plants d'*E. guineensis*, selon différents traitements de nutrition boratée(Trial 2 : Growth in height of *E. guineensis* plants according to different borated nutrition treatments)

| Concentrations de la solution nutritive en bore<br>(Concentration of nutrient solution in boron) (ppm) |                   | Hauteur (Height) à (at)<br>(cm) |                 |
|--|-------------------|---------------------------------|-----------------|
| 0-6 mois (months)  | > 6 mois (months) | 6 mois (months)                 | 8 mois (months) |
| 0  | 0                 | 43,3                            | 53,3            |
| 0  | 0,063             | 45,0                            | 67,8            |
| 0,007  | 0,007             | 76,5                            | 109,5           |
| 0,063  | 0,0               | 74,7                            | 89,0            |

Des symptômes de toxicité très différents de ceux de la carence apparaissent pour des concentrations en bore de la solution nutritive supérieures à 6,5 ppm. Cette toxicité se traduit par un collet chétif, le plant apparaît « flé », et une forte diminution du poids des racines primaires et secondaires peut être constatée (Fig. 3).

## 2. — Teneur en bore des organes.

TABLEAU II. — Teneurs en bore (ppm sur P. S.) des organes pour un milieu nutritif comportant 0,006 ppm de bore (Boron content — ppm on dry weight — of the organs for a nutrient solution containing 0.006 ppm of boron)

|                          | <i>E. guineensis</i> | Hybrides<br><i>M × G</i><br>(Hybrids) | Cocotier<br>(Coconut) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Feuilles (Leaves) .....  | 5,6                  | 6,6                                   | 4,1                   |
| Feuille (Leaf) 4 .....   | —                    | 8,0                                   | 4,9                   |
| Rachis .....             | 3,4                  | 5,1                                   | 5,2                   |
| Collet (Collar) .....    | 3,0                  | 4,1                                   | 4,5                   |
| Racines (Roots) II ..... | 1,0                  | traces                                | 1,2                   |

Les palmiers et le cocotier stockent préférentiellement le bore dans les parties aériennes. Quand la plante dispose de quantités beaucoup plus importantes de bore, les niveaux s'élèvent dans tous les organes mais restent dans le même rapport.

## 3. — Relation entre la concentration de la solution nutritive, la croissance et les teneurs en bore.

Pour le palmier *E. guineensis* (Fig. 3 et 5), la forme de la courbe de croissance permet de situer le seuil de carence à une concentration du milieu située autour de 0,006 ppm. En dessous de cette valeur, qui est minime, la croissance augmente avec la concentration de la solution. La figure 3 montre aussi que le palmier peut supporter des concentrations de la solution nutritive au moins égales à 1 000 fois la concentration minimale avant que les symptômes de toxicité n'apparaissent.

Par contre, les besoins du cocotier semblent supérieurs ; le seuil se situe entre 0,006 et 0,2 ppm (Fig. 6) de bore dans la solution nutritive. Comme pour l'hybride *M × G*, on n'a pas cherché à induire des phénomènes de toxicité.

Pour de faibles concentrations en bore du milieu (inférieures à 0,65 ppm de bore), la courbe de l'évolution des teneurs en bore dans la feuille 4 du palmier en fonction de la quantité présente dans la solution est une droite à très faible pente dont l'ordonnée, pour une concentration nulle, est 4,5 ppm. Pour des plants élevés sur solutions nutritives, il n'est donc pas possible de distinguer un état de carence par le diagnostic foliaire puisque les teneurs ne sont pas significativement différentes entre un plant totalement déficient et un plant normal (à partir de 0,006 ppm de bore dans la solution).

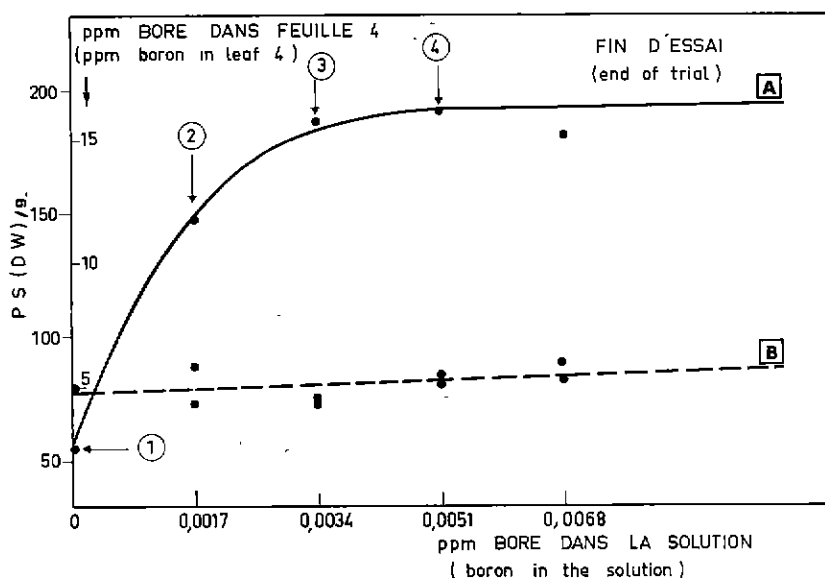


FIG. 5. — Croissance (A) et teneurs en bore (B) dans la feuille 4 du palmier à huile *guineensis* en fonction de la concentration en bore du milieu dans l'essai 2. (Growth [A] and boron contents [B] of leaf 4 in the *guineensis* oil palm in function of the boron concentration in the medium in trial 2).

- (1) : forme en oignon (onion form).  
 (2) : réduction (reduced) elongation.  
 (3) : taches (mottling).  
 (4) : normal.

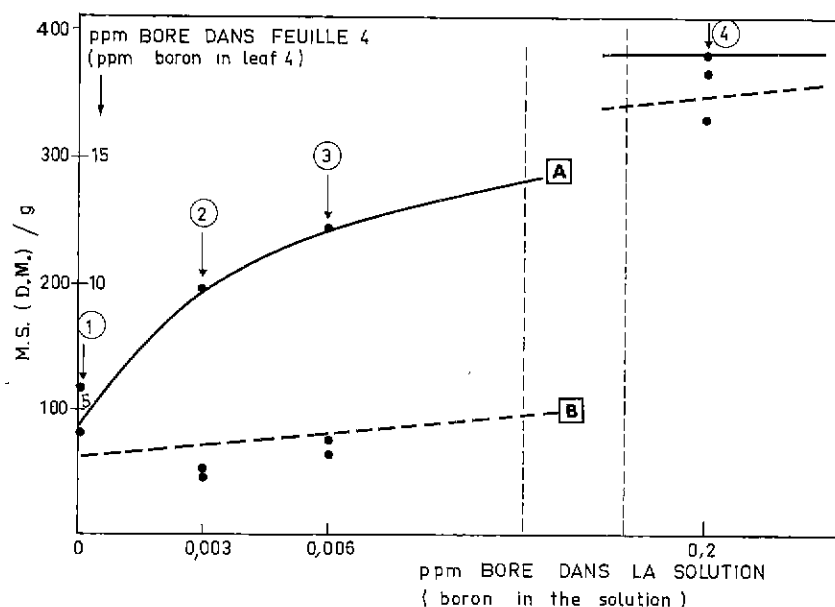


FIG. 6. — Croissance (A) et teneurs en bore (B) dans la feuille 4 du cocotier en fonction de la concentration en bore du milieu dans l'essai 3. (Growth [A] and boron contents [B] in leaf 4 of the coconut in function of the boron concentration in the medium in trial 3).

(1) : forme en oignon (onion form).  
(2) : réduction (reduced) elongation.  
(3) : taches (mottling).  
(4) : normal.

Quand l'approvisionnement en bore devient suffisant, la teneur dans la feuille 4 augmente très faiblement. La consommation « de luxe » ne devient sensible que pour des concentrations de la solution représentant dix fois la concentration minimale. Au-delà de 6,46 ppm de bore dans le milieu, la teneur des feuilles augmente rapidement. On entre ensuite dans une phase de toxicité.

On retrouve à peu près les mêmes résultats pour l'hybride  $M \times G$ . Pour le cocotier, il n'est pas possible de déterminer avec précision le niveau foliaire pour lequel il ne se présente plus de symptômes carentiels : celui-ci se trouve entre 5 et 15 ppm (plus près de 5).

## II. — CARENCE EN DIVERS OLIGO-ÉLÉMENTS

On a également tenté de mettre en évidence les symptômes caractéristiques de carence en divers oligo-éléments autres que le bore sur *E. guineensis*, sur palmier hybride  $M \times G$  et sur cocotier hybride Nain Jaune  $\times$  Grand Ouest Africain.

Les éléments suivants : fer, manganèse, cuivre, zinc, molybdène pour l'*E. guineensis* et l'hybride  $M \times G$ , manganèse et zinc pour le cocotier hybride ont été étudiés dans deux essais.

**Essai 5.** — 6 traitements (sans Fe — sans Mn — sans Cu — sans Zn — sans Mo — Témoin); 2 répétitions (1 répétition : *E. guineensis* — 1 répétition : hybride  $M \times G$ ); 4 plants par objet.

**Essai 6.** — 3 traitements (sans Mn — sans Zn — Témoin); 2 répétitions sur cocotier hybride Nain Jaune  $\times$  Grand Ouest Africain; 4 plants par objet.

Les techniques de culture et les solutions utilisées sont celles présentées dans le précédent article [1].

### 1. — Symptômes de carence.

La figure 7 montre que pour *E. guineensis* et l'hybride  $M \times G$ , la carence en ces divers éléments se traduit par une réduction de la croissance plus ou moins marquée selon les objets. L'absence de molybdène dans

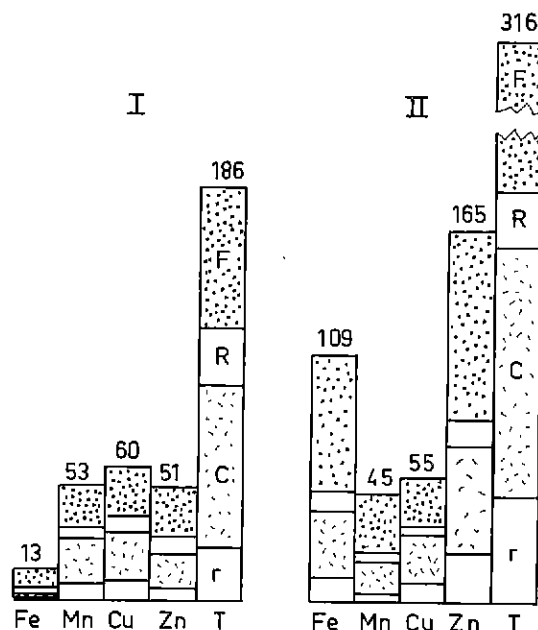


FIG. 7. — Poids sec (g) en fin d'essai pour différents états de carences dans l'essai 5 sur palmier à huile (Dry weight (g) at the end of the trial for different levels of deficiency in trial 5 on oil palm): I : *E. guineensis*; II : hybride *E. melanococca*  $\times$  *E. guineensis*.

la solution nutritive n'entraîne, par contre, aucune anomalie de croissance.

L'absence d'effet de la carence en manganèse et en zinc sur le cocotier s'explique probablement par les réserves importantes de l'albumen de la noix. La carence en manganèse existe au champ pour des cocotiers plantés sur les sols particuliers d'origine corallienne.

Les plants de palmier à huile *E. guineensis* et de l'hybride  $M \times G$ , carencés en cuivre et en zinc, ne présentent pas de symptômes caractéristiques en dehors d'une faible croissance.

Les plants sans fer sont atteints par la chlorose (Fig. 8, 9) : décoloration en bandes des folioles, la coloration verte persistant autour des nervures. Des taches nécrotiques apparaissent vers les extrémités des feuilles ; elles finissent par se réunir ; la moitié terminale de la feuille est alors complètement nécrosée.

La déficience en manganèse a des effets plus nets : les plants sont légèrement décolorés, mais on note surtout des nécroses longitudinales étroites et brunes sur les folioles et leur bordure. Par contraction, ces nécroses entraînent une frisure des folioles (Fig. 10) ; on observe également sur les racines primaires que l'épiderme et le cortex sont profondément crevassés (Fig. 11).



FIG. 8. ▲



FIG. 10. ▼



FIG. 9. ▼

FIG. 11. ►

## 2. — Teneurs.

Les teneurs des *E. guineensis* et de l'hybride  $M \times G$  sont voisines, excepté pour le manganèse présent en beaucoup plus faible quantité dans le feuillage de l'hybride  $M \times G$  (Tabl. III).

TABLEAU III. — Essai 5 : Teneurs en oligo-éléments-moyenne de 4 plants en ppm — (Trial 5 : Trace element contents — average of 4 plants — ppm)

|                        | <i>Guineensis</i> | Hybrides<br>$M \times G$<br>(Hybrids) |
|------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <b>Fe :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 223               | 263                                   |
| sans (no) .....        | 278               | 228                                   |
| <b>Mn :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 235               | 121                                   |
| sans (no) .....        | 22                | 11                                    |
| <b>Mo :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 1,4               | 1,2                                   |
| sans (no) .....        | 0,06              | 0,1                                   |
| <b>Zn :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 20                | 21                                    |
| sans (no) .....        | 21                | 20                                    |
| <b>Cu :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 3,0               | 3,2                                   |
| sans (no) .....        | 2,2               | 2,8                                   |
| <b>Al :</b>            |                   |                                       |
| témoin (control) ..... | 222               | 251                                   |

Chez *E. guineensis* et l'hybride  $M \times G$ , les teneurs en fer, manganèse et aluminium sont beaucoup plus élevées dans les feuilles que dans les racines où elles descendent respectivement à 91, 25 et 22 ppm pour le *Guineensis* et à 114, 23 et 35 ppm pour l'hybride.

Chez les plants carencés, il existe un très net abaissement de niveau dans les feuilles pour le molybdène et le manganèse qui passent, respectivement, à 0,06 et 21,5 ppm pour *E. guineensis*, et 0,13 et 11,0 ppm pour

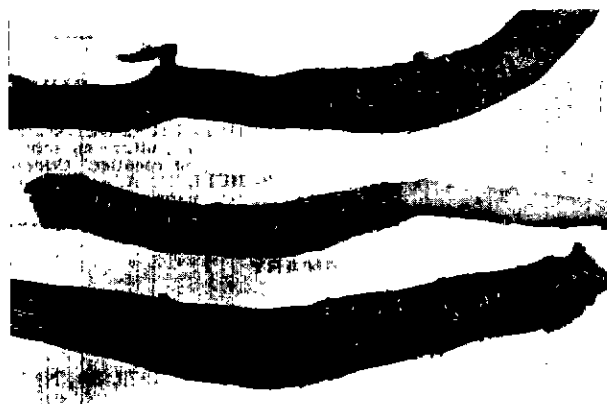


FIG. 8. — Carence en fer : chlorose, nécrose des feuilles basses. (Iron deficiency : chlorosis, decaying of the lower leaves).

FIG. 9. — Carence en fer : décoloration longitudinale, taches nécrotiques (Iron deficiency : longitudinal discoloration, necrotic patches) ;

FIG. 10. — Carence en manganèse : nécroses longitudinales et frisures des folioles (Manganese deficiency : longitudinal necroses and crinkling of the leaflets).

FIG. 11. — Carence en manganèse : crevasses sur les racines. (Manganese deficiency : crevices in the roots).



l'hybride  $M \times G$ . Les teneurs en manganèse des plants carencés sont dix fois inférieures à celles des plants bien alimentés.

Par contre, pour tous les autres éléments, les valeurs sont comparables entre le témoin et le plant carencé. On peut supposer que pour ces oligo-éléments, comme pour le bore, la plante ajuste sa croissance à ses disponibilités en assurant à ses organes une teneur constante en ces éléments.

D'autre part, il apparaît que certaines carences perturbent l'assimilation des autres éléments (Tabl. IV).

Chez *E. guineensis* et l'hybride  $M \times G$ , la carence en fer entraîne l'augmentation des teneurs en K, Mg, Ca, P et Mn. L'absence de manganèse conduit à l'accroissement de la teneur en K, les déficiences en cuivre et en zinc à celle de Mn. On peut penser à des phénomènes de substitution ou à des perturbations de l'assimilation par déficience de certaines enzymes.

TABLEAU IV. — Essai 5 : Comparaison des teneurs en certains éléments dans les feuilles  
(Trial 5 : Comparison of contents of certain elements in leaves)

|                  |         | <i>Elaeis guineensis</i>          |              |              |              |              | Hybrides $M \times G$ (hybrids)   |              |              |              |            |
|------------------|---------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|                  |         | K                                 | Mg           | Ca           | P            | Mn           | K                                 | Mg           | Ca           | P            | Mn         |
|                  |         | P. 100 matière sèche (dry matter) |              |              |              | ppm          | P. 100 matière sèche (dry matter) |              |              |              | ppm        |
| Témoin (Control) |         | 1,520                             | 0,433        | 1,147        | 0,307        | 235          | 1,487                             | 0,457        | 1,333        | 0,254        | 121        |
| sans (no)        | Fe..... | <b>2,140</b>                      | <b>0,759</b> | <b>1,565</b> | <b>0,904</b> | <b>1 246</b> | <b>1,850</b>                      | <b>0,758</b> | <b>1,595</b> | <b>0,417</b> | <b>236</b> |
|                  | Mn..... | <b>2,472</b>                      | 0,478        | 1,187        | 0,546        | 22           | <b>2,359</b>                      | 0,623        | 1,495        | 0,389        | 11         |
|                  | Cu..... | <b>2,010</b>                      | 0,446        | 1,223        | 0,359        | <b>1 189</b> | <b>2,046</b>                      | 0,514        | 1,360        | 0,365        | <b>495</b> |
|                  | Zn..... | 1,635                             | 0,698        | 1,126        | 0,367        | <b>407</b>   | 1,733                             | 0,464        | 1,163        | 0,245        | <b>238</b> |

### III. — CONCLUSIONS

Cette première application de la culture des jeunes plants de palmiers et de cocotiers sur solutions nutritives, en liaison avec la nutrition en oligo-éléments, met en évidence les possibilités et l'intérêt de cette méthode d'étude.

Les symptômes typiques *little leaf* de la carence en bore ont été retrouvés. Mais, les premiers symptômes de cette carence qui se traduit par de petites taches diffuses, en relief, ont été identifiés pour la première fois sur les jeunes plants élevés sur solutions nutritives, puis retrouvés ensuite aux champs. La méthode montre également que le palmier peut supporter des milieux à fortes teneurs en bore avant de manifester des symptômes de toxicité.

Les divers oligo-éléments : bore, fer, manganèse, cuivre, apparaissent essentiels pour assurer une croissance normale du plant de palmier. La carence en molybdène, malgré les très faibles teneurs observées dans les analyses, n'a pas entraîné de ralentissement du développement. Au contraire des autres éléments, les déficiences en fer et en manganèse, comme la carence en bore, se traduisent par des symptômes caractéristiques facilement identifiables. Par contre, l'observation des plants ou l'analyse ne permettent pas de diagnostiquer les carences en zinc et en cuivre.

Il n'a pas été possible de voir un effet des déficiences en manganèse et en zinc sur le développement du cocotier, probablement en raison des réserves importantes de l'albumen de la noix. Cette caractéristique du cocotier peut constituer, dans certains cas, une limite à l'application de la méthode.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] DUFOUR F., QUENCEZ P., SCHMITT G. (1978). — Technique de culture en solutions nutritives du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, 33, n° 10, p. 485-490.
- [2] BULL R. A. — Micronutrients deficiency symptoms in oil palm. *J. of the WAIFOR*, 1961, 3, N° 11, p. 265-272.

### SUMMARY

Study of trace element nutrition of oil palm and coconut grown on nutrient solutions.

F. DUFOUR and P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1979, 34, N° 7, p. 323-330.

Once the technique of culture of oil palm and coconut in nutrient solutions had been developed, trials were made to try and induce deficiencies in various trace elements : boron manganese, iron, zinc, copper, molybdenum. Characteristic deficiency symptoms were observed for boron in palms and coconut and manganese and iron in palms only. Zinc and copper deficiency in palms affected growth heavily, but no characteristic symptoms were identified. Neither were any anomalies due to molybdenum deficiency identified. Observation of these symptoms is extremely useful for diagnosis of deficiencies in the field, notably for boron which is the trace element most frequently lacking, except for iron and manganese deficiencies which, however, only appear in special soils of coral origin.

### RESUMEN

Estudio de la nutrición en oligoelementos de la palma aceitera y del cocotero cultivados en soluciones nutritivas.

F. DUFOUR y P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1979, 34, N° 7, p. 323-330.

Después de poner a punto la técnica de cultivo de la palma aceitera y del cocotero en soluciones nutritivas, se realizó ensayos con el fin de obtener deficiencias en varios oligoelementos : boro, manganeso, hierro, cinc, cobre, molibdeno. Se observó síntomas característicos de carencia de boro en palmas y cocoteros, y de manganeso y hierro, únicamente en palmas. Deficiencias de cinc y cobre en palmas, dificultan mucho el crecimiento, pero no se identificó ningún síntoma característico. Tampoco se demostró anomalías ocasionadas por la carencia en molibdeno. La observación de síntomas para el diagnóstico de carencia de campo, es interesante entre otras cosas para el boro, siendo éste el oligoelemento que más a menudo muestra deficiencias, exceptuando el hierro y el manganeso cuyas carencias se dan en suelos muy particulares de origen coralino.

# Study of trace element nutrition of oil palm and coconut grown on nutrient solutions

F. DUFOUR (1) and P. QUENCEZ (1)

## INTRODUCTION

The I. R. H. O. at La Mé has developed techniques, described in an earlier article [1], for growing oil palms and coconuts in a liquid medium, which enable optimum growth.

Growing plants in a liquid medium makes it possible to control easily and very precisely the quality and quantity of nutrients available to the plant. It is thus possible, in particular, to study trace element nutrition.

It should be stated that one should be cautious about transposing the results obtained to the field, first, because the trials were done with very young plants (12 months at most) and second, because the mechanism of nutrition in a solution may be very different from that in the soil (availability, preferential absorption, blockage, transformation of the form of certain elements).

## 1. — STUDY OF BORON DEFICIENCY

Four trials were set up to study the effects of boron deficiency : 2 on *Elaeis guineensis*, 1 on the hybrid *E. melanococca* × *E. guineensis* (called from now : on hybrid *M* × *G*) and 1 on coconut.

**Trial 1.** — On *E. guineensis* : 6 treatments : rates of boron (ppm) in the nutrient solutions (0.000 — 0.006 — 0.064 6 — 0.646 — 6.460 — 64.600) ;

4 replications, 1 plant per treatment.

**Trial 2.** — On *E. guineensis* : 7 treatments done in 2 stages ; 6 replications, 1 plant per treatment :

| Rates of boron (ppm) in the nutrient solutions |       |       |         |         |         |         | Period         |
|--|-------|-------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| 1st stage .....                                | 0.000 | 0.000 | 0.001 7 | 0.003 4 | 0.005 1 | 0.006 8 | 0-6 months     |
| 2nd stage.....                                 | 0.000 | 0.063 | 0.001 7 | 0.003 4 | 0.005 1 | 0.006 8 | After 6 months |

**Trials 3 and 4.** — 4 treatments : rates of boron in the nutrient solutions (ppm — 0.000 — 0.002 — 0.006 — 0.2) ;

— trial 3 : on coconut hybrid Yellow Dwarf × West African Tall,

— trial 4 : one on the hybrid *M* × *G* ;

2 plants per treatment in each trial.

The composition of the nutrient solutions in macro-elements and in trace elements other than boron, was as mentioned in the preceding article [1], as were the culture techniques.

All trials were stopped at approximately 12 months, from the germinated seed, since control plants grew too large.

At the end of the trial, all the plants were dissected into leaves, rachis, collar, primary (I), secondary (II), and tertiary (III) roots. Dry weight was determined after 24 h drying, in an oven at 95 °C. Samples of each organ were taken to determine the macro-element content for N, P, K, Ca Mg, Na, Cl, S and B.

### 1. — Observation of deficiency symptoms and of toxicity.

Deficiency symptoms observed on *E. guineensis* varied in degree of gravity according to boron concentration in the medium. Boron deficiency acts mainly on leaf elongation.

#### 1st stage :

— small somewhat formless spots, light in transparency, raised (crushing of the parenchyma), often lying longitudinally on the leaflets (Fig. 1) ;

#### 2nd stage :

— small spots,  
— reduced elongation, thickening of the leaves (Fig. 2) ;

#### 3rd stage :

— « little leaf »,  
— abnormal leaves, often just a rachis,  
— lack of elongation ; however, the rhythm of leaf emission is virtually unchanged, except in the final stage which evolves very rapidly toward bud rot and the death of the plant.

The « little leaf » phenomenon, linked to boron deficiency in the field has long been known, but the preceding, less obvious, stage of « small spots » has since been observed in plantations of young palm trees. Observation of these symptoms in the field therefore enables early detection of boron deficiency.

Figure 3 shows that the dry matter production of deficient plants is very low, and that this reduction is mainly at the

expense of foliage. The deficient state is not irreversible however, as a deficient plant was able to regain normal elongation after one or two months of adequate borated nutrition (Table I).

Similar symptoms are apparent for the hybrid *M* × *G* and the coconut at comparable boron nutrition levels. For the coconut, however, the spots have a more marked relief and are symmetrical in form and location relative to the median axis of the leaves (Fig. 4).

Symptoms of toxicity very different from those of deficiency appear when the boron concentration in the nutrient solution exceeds 6.5 ppm. Signs of toxicity are a stunted collar, a spindly plant, a marked drop in the weight of the primary and secondary roots (Fig. 3).

### 2. — Boron content of the organs (Table II).

The palm and the coconut tend to store boron mainly in the aerial parts. When much greater amounts of boron are available to the plant, the levels rise in all the organs by the proportions remain unchanged.

### 3. — Relation between concentration in the nutrient solution, growth and boron content.

In the case of the palm *E. guineensis* (Fig. 3 and 5) the form of the growth curve enables us to locate the deficiency threshold at a concentration of about 0.006 ppm in the medium. Below this minimum level, growth increases with the concentration of the solution. Figure 3 shows that the palm can tolerate concentrations of nutrient solution at least 1 000 times the minimum concentration before toxicity symptoms appear.

In the case of the coconut however, the needs seem greater : the threshold is between 0.006 and 0.2 ppm (Fig. 6) in the nutrient solution. As in the case of the hybrid *M* × *G*, we did not attempt to introduce toxicity phenomena.

For low concentrations of boron in the medium : when boron content was less than 0.65 ppm, the development curve of boron content in leaf 4 of the palm in function of the quantity contained in the solution, is a very gently sloping line whose ordinate, at zero concentration, is 4.5 ppm. It is impossible therefore, in the case of plants grown in nutrient solutions, to distinguish a state of deficiency by leaf analysis, since there is no significant difference in content between a plant which is totally deficient and a normal plant, starting from 0.006 ppm boron in the solution.

Once the boron supply is adequate, the content of leaf 4 increases very little. « Luxury » consumption is noticeable only for concentrations in the solution over ten times the minimum. Beyond 6.46 ppm boron in the medium, the leaf content increases rapidly and the toxicity phase is then entered.

Similar results occur for the hybrid *M* × *G*. For the coconut, it is impossible to determine precisely the leaf level at which deficiency symptoms no longer appear : between 5 and 15 ppm, but closer to 5.

(1) La Mé Station, I. R. H. O., B.P. 13 Bingerville (Ivory Coast).

## II. — DEFICIENCY IN VARIOUS TRACE ELEMENTS

We have also tried to uncover the characteristic symptoms of deficiency in various trace elements besides boron in the case of *E. guineensis*, the hybrid  $M \times G$  and the hybrid coconut Yellow Dwarf  $\times$  West African Tall.

The following elements : iron, manganese, copper, zinc, molybdenum in the case of *E. guineensis* and of the hybrid  $M \times G$ , manganese and zinc in the case of the hybrid coconut were studied in two trials.

**Trial 5.** — 6 treatments (no Fe — no Mn — no Cu — no Zn — no Mo — Control) ; 2 replications (1 replication : *E. guineensis* — 1 replication : hybrid  $M \times G$ ) ; 4 plants per treatment.

**Trial 6.** — 3 treatments (no Mn — no Zn — Control) ; 2 replications on hybrid coconut Yellow Dwarf  $\times$  West African Tall ; 4 plants per treatment.

The growing techniques and solutions used are the same we presented in our previous article [1].

### 1. — Deficiency symptoms.

Figure 7 shows that in the case of *E. guineensis* and of the hybrid  $M \times G$ , lack of the above elements results in a reduction in growth varying according to the treatment. Lack of molybdenum in the nutrient solution does not, however, lead to any growth anomaly.

The fact that lack of manganese and zinc has no effect on the coconut, is probably explained by the large store contained in the albumen of the nut. Manganese deficiency can be seen in the field where coconuts are planted on certain soils of coral origin.

Plants of the oil palm *E. guineensis* and of the hybrid  $M \times G$  deficient in copper and zinc, do not show any characteristic symptoms apart from slow growth.

Plants lacking iron become chlorotic (Fig. 8 and 9) : strip discoloration of the leaflets, the area round the ribs remaining green. Necrotic spots appear at the leaf tips and eventually run together : the whole end of the leaf becomes completely necrosed.

Manganese deficiency is more obvious : the plants are slightly discoloured, but the main symptom is narrow, longitudinal brown necroses on the leaflets and their rim. By contraction, the necroses induce « curling » of the leaflets (Fig. 10) ; cracks appear on the epidermis and the cortex of the primary roots (Fig. 11).

### 2. — Contents.

*E. guineensis* and the hybrid  $M \times G$  have similar contents except for manganese, which appears in much smaller quantity in the foliage of the hybrid  $M \times G$  (Table III).

In the case of *E. guineensis* and of the hybrid  $M \times G$ , the iron, manganese and aluminium contents are much higher in the leaves than in the roots where they drop respectively to 91, 25 and 22 ppm for *Guineensis* and to 114, 23 and 35 ppm for the hybrid.

In deficient plants, there is a sharp drop in the manganese and molybdenum level in the leaves, which reaches 0.006 and 21.5 ppm respectively for *E. guineensis*, and 0.13 and 11.0 for the hybrid  $M \times G$ . Manganese content of deficient plants is one-tenth that of well-nourished plants.

For all other elements however, the values are comparable for control and deficient plants. It would seem that, as it does for boron, the plant adjusts its growth to availability, assuring a constant level of trace elements to its organs.

Moreover, it appears that certain deficiencies make assimilation of other elements difficult (Table IV).

In *E. guineensis* and the hybrid  $M \times G$ , increase in K, Mg, Ca, P and Mn contents results from Fe deficiency. Lack of manganese results in increase in K content, lack of copper and zinc and in an increase of Mn. It may be thought that substitution phenomena or else assimilation disturbances due to shortage of certain enzymes take place.

## III. — CONCLUSIONS

This first application of the culture of young palm and coconut plants on nutrient solutions, linked to nutrition in trace elements, indicates the potential interest of this method.

Typical « little leaf » symptoms of boron deficiency appeared. But the symptoms of this deficiency, namely small, raised, diffuse spots were identified for the first time on young plants grown on nutrient solutions, then found later in the field. This method has also shown that the palm can tolerate media high in boron content before showing toxicity symptoms.

The trace elements boron, iron, manganese, copper, appear to be essential to normal growth of the palm plant. Lack of molybdenum, in spite of the very small amounts observed under analysis, did not result in growth slowdown. Unlike the other elements, lack of iron and manganese — as of boron — results in easily identified characteristic symptoms. Lack of zinc or copper however could not be diagnosed by observation of plants or by analysis.

Lack of manganese and zinc did not appear to affect the development of the coconut, probably due to the large reserve in the albumen of the nut. This characteristic of the coconut may impose a limit to the use of this method in certain cases.